

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-067028

(43)Date of publication of application : 10.03.1995

(51)Int.Cl.

H04N 5/235

(21)Application number : 05-213210

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 27.08.1993

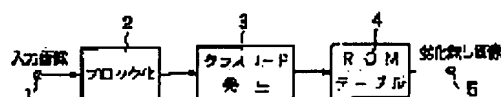
(72)Inventor : KONDO TETSUJIRO
HORISHI MASARU
FUJIMORI YASUHIRO
NISHIKATA TAKEHARU

(54) DEVICE AND METHOD FOR RESTORING IMAGE

(57)Abstract:

PURPOSE: To restore a degraded image by classifying blocked data into plural classes, obtaining class codes corresponding to the classification and outputting an image without degradation corresponding to this class code.

CONSTITUTION: A blocking circuit 2 divides an input image, which is supplied through an input terminal 1 and starts degradation, into plural blocks. A class code generating circuit 3 classifies the blocked data into the plural classes and outputs the class codes corresponding to the classification. A ROM table 4 outputs the image without degradation corresponding to the input image corresponding to the class code. In this case, the result of previously learning with the data, for which the image without degradation is divided into blocks, and the data classifying the image, for which the image with no degradation divided into blocks is degraded with a prescribed degradation function, into classes is stored in the ROM table 4 as a table corresponding to the class code.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3557626

[Date of registration]

28.05.2004

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The image-restoration equipment carry out [coming to have in a blocking means divide into two or more blocks the input image which has produced degradation, a class classification means classify the blocked data into two or more classes, and output the class code corresponding to the classification, and a non-deteriorated image output means output the image which does not have degradation corresponding to an input image according to the above-mentioned class code, and] as the description.

[Claim 2] The above-mentioned non-deteriorated image output means is image-restoration equipment according to claim 1 characterized by to have made the above-mentioned class code correspond and to have memorized the result learned beforehand by the data which blocked the image without degradation, and the data which gave the class classification to the image which degraded the image without the blocked degradation concerned with the predetermined degradation function.

[Claim 3] The above-mentioned non-deteriorated image output means is image restoration equipment according to claim 1 characterized by having made the above-mentioned class code correspond and having memorized the result learned beforehand by the data which blocked the image which deteriorated and carried out the class classification, and the data which blocked the image without degradation.

[Claim 4] The image-restoration approach which carries out [coming to have the class classification procedure which classifies into two or more classes the data blocked the block chemically-modified / which divides into two or more blocks the input image which has produced degradation / degree, and outputs the class code corresponding to the classification, and the non-deteriorated image output process which output the image which does not have degradation corresponding to an input image according to the above-mentioned class code, and] as the description.

[Claim 5] The image-restoration approach according to claim 4 characterized by to take out the study value corresponding to the above-mentioned class code from two or more study values which learned beforehand and acquired by the data which blocked the image without degradation at the above-mentioned non-deteriorated image output process, and the data which gave the class classification to the image which degraded the image without the blocked degradation concerned with the predetermined degradation function.

[Claim 6] The image restoration approach according to claim 4 characterized by taking out the study value corresponding to the above-mentioned class code from two or more study values which learned beforehand and were acquired by the data which blocked the image which deteriorated at the above-mentioned non-deteriorated image output process, and carried out the class classification, and the data which blocked the image without degradation.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the image restoration equipment and the approach of restoring the image which deteriorated to an image without degradation (restoration).

[0002]

[Description of the Prior Art] In restoring conventionally the image with which image quality deteriorated, it is made to perform image restoration by analyzing the cause of degradation, asking for the model function of the degradation, and giving the inverse function corresponding to the model function of the above-mentioned degradation to the image which carried out [above-mentioned] degradation.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, various kinds of things, such as what is depended on a uniform motion of a camera (image photography equipments, such as a video camera) as a cause of the above-mentioned degradation, and dotage by the optical system of a camera, can be considered. Therefore, when restoring the above-mentioned image, the model function of the above-mentioned degradation will also change with causes of each degradation.

[0004] If the cause of the degradation cannot be specified when it is going to restore degradation since it is such, the above-mentioned model function cannot be determined but restoration will become difficult.

[0005] Moreover, even if it is able to stand the model function of the cause of degradation, there is a case where the inverse function for restoring does not exist, plentifully, and evaluation of the optimal model in that case is also difficult.

[0006] That is, in restoring the image with which image quality deteriorated, it restores by analyzing the cause of degradation, determining a degradation model function, and giving the inverse function, but restoration becomes difficult when neither the case where the cause of degradation cannot be specified as mentioned above, nor an inverse function can be determined uniformly.

[0007] Then, even if this inventions are the case where the cause of degradation cannot be specified in view of what mentioned above, and the case where an inverse function cannot be determined uniformly, they aim at offering the image restoration equipment and the approach which can perform restoration of the image which deteriorated.

[0008]

[Means for Solving the Problem] This invention is proposed in order to attain the above-mentioned purpose. The image restoration equipment of this invention A blocking (scan conversion of input image is carried out) means to divide into two or more blocks the input image which is equipment which restores the image with which the image quality of a digital image signal deteriorated, and has produced degradation, A class classification means to classify the blocked data into two or more classes, and to output the class code corresponding to the classification, It comes to have a non-deteriorated (for data by which study optimization was carried out beforehand to be outputted) image output means to output the image which does not

have degradation corresponding to an input image according to the above-mentioned class code.

[0009] Here, the above-mentioned non-deteriorated image output means has memorized the result (study value) beforehand learned by the data which blocked the image without degradation, and the data which gave the class classification to the image which degraded the image without the blocked degradation concerned with the predetermined degradation function as a table to which the above-mentioned class code was made to correspond. Or the above-mentioned non-deteriorated image output means has memorized the result (study value) beforehand learned by the data which blocked the image which deteriorated and carried out the class classification, and the data which blocked the image without degradation as a table to which the above-mentioned class code was made to correspond.

[0010] Moreover, the image-restoration approach of this invention comes to have the class classification procedure which classifies into two or more classes the data blocked the block chemically-modified [which divides into two or more blocks the input image which has produced degradation] degree, and outputs the class code corresponding to the classification, and the non-deteriorated image output process which output the image which does not have degradation corresponding to an input image according to the above-mentioned class code.

[0011] Here, at the above-mentioned non-deteriorated image output process, the study value corresponding to the above-mentioned class code is taken out from two or more study values which learned beforehand and were acquired by the data which blocked the image without degradation, and the data which gave the class classification to the image which degraded the image without the blocked degradation concerned with the predetermined degradation function. Or at the above-mentioned non-deteriorated image output process, the study value corresponding to the above-mentioned class code is taken out from two or more study values which learned beforehand and were acquired by the data which blocked the image which deteriorated and carried out the class classification, and the data which blocked the image without degradation.

[0012]

[Function] According to this invention, the result (restoration table) of having learned beforehand the image with which image quality deteriorated, and having obtained it with the data which carried out the class classification for every block, and the block data of an image without degradation is saved. That is, since the table by study is learned between the image which deteriorated, and the image without degradation, it can obtain the image with which degradation was restored by the thing which take out the study value corresponding to the class code by class classification of the image which deteriorated from this table (the restoration image which does not have degradation instead of the image which deteriorated applies (mapping)) and which makes like. Moreover, once it creates a table, since restoration of an image is only processing which reads a table, it will become easy to process it.

[0013]

[Example] Hereafter, it explains, referring to a drawing about the example of this invention.

[0014] As the image restoration equipment of the 1st example of this invention is equipment which restores the image with which the image quality of a digital image signal deteriorated and is shown in drawing 1 The blocking (scan conversion of input image is carried out) circuit 2 which divides into two or more blocks the input image which has produced degradation supplied through an input terminal 1, The class code generating circuit 3 which is a class classification means to classify the blocked data into two or more classes, and to output the class code corresponding to the classification, It comes to have the ROM table 4 which is a non-deteriorated (data by which study optimization was carried out beforehand are outputted) image output means to output the image which does not have degradation corresponding to an input image according to the above-mentioned class code.

[0015] The result (a study value) which learned beforehand by the data which gave the class classification to the image degraded with the predetermined degradation function which mentions the data which blocked the image in which the above-mentioned ROM table 4 does not have degradation here, and an image without the blocked degradation concerned later has memorized

as a table to which the above-mentioned class code made correspond (the 1st example which mentions later). Or the result (study value) beforehand learned by the data which blocked the image which deteriorated and carried out the class classification, and the data which blocked the image without degradation is memorized as a table to which the above-mentioned class code was made to correspond (the 2nd example mentioned later). Moreover, the above-mentioned class code generating circuit 3 asks for the multiplier group of the formula showing the configuration nearest to an input image, using a high order polynomial which is mentioned later as a model type, and performs a class classification according to this multiplier group.

[0016] Here, in advance of explanation of the configuration of the image restoration equipment of this invention example, generation of the study in image restoration and a ROM table is explained.

[0017] When the table learned beforehand tends to perform image restoration, it is necessary to carry out study processing between the image which deteriorated, and a beautiful image without degradation. As an approach of obtaining the degradation image used for study, the photographic subject is fixed, for example, a camera is moved and it flows, and an image is generated or there is [the focus of a camera can be shifted intentionally, it fades and] the approach of generating an image.

[0018] Here, the 1st example of the flow of the processing when learning using a degradation image is shown in drawing 2.

[0019] In this drawing 2, an image without degradation is supplied by step S9. At the following step S10, the above-mentioned degradation-less image is blocked and it sends to step S13. Moreover, the degradation-less image of step S10 is degraded using a known degradation function in step S11. Then, clustering which classifies into a class the block data degraded with the above-mentioned degradation function according to step S12 is performed, and it progresses to step S13. In addition, a class classification is a pattern classification using the blocked image data.

[0020] At step S13, it trains between block data without degradation from the above-mentioned step S10, and the block data which was degraded from the above-mentioned step S12, and carried out the class classification (study).

[0021] At step S14, it judges whether study was repeatedly performed to extent to which all class study is fully performed to all blocks that constitute an image. If it is judged return and yes by step S10 when judged no at this step S14, it will progress to step S15.

[0022] Step S15 generates a mapping table with the optimum value learned for every class. This serves as a ROM table.

[0023] Although the 1st example of the above is generating the degradation image by degrading a degradation-less image with a degradation function, like the 2nd example described below, as beforehand mentioned above, it can also learn using the degradation image which carried out shifting migration of a camera and a focus etc. and was generated, and the flow of processing in this case comes to be shown in drawing 3.

[0024] In this drawing 3, an image without degradation of the degradation image generated physically beforehand at step S2 is supplied at step S1. At step S3, the above-mentioned degradation image is blocked and the above-mentioned degradation-less image is blocked in step S4 in the location corresponding to blocking at step S3.

[0025] At the next step S5 of step S3, clustering which classifies the block data of the above-mentioned degradation image into a class is performed. It is the thing of a pattern classification using the image data which also blocked this class classification.

[0026] At step S5 and step S6 which progresses after processing of step S4, it trains by being between the blocks of the above-mentioned degradation image and a degradation-less image (study).

[0027] At step S7, it judges whether study was repeatedly performed to extent to which all class study is fully performed to all blocks that constitute an image. When judged no at this step S7, to a degradation image, it passes step S3, and returns to tetraethylpyrophosphate S4 to a degradation-less image. If judged yes at step S7, it will progress to step S8.

[0028] Step S8 generates a mapping table with the optimum value learned for every class. This

serves as a ROM table.

[0029] In addition, there is a pattern of some [how the block of the above-mentioned degradation image and the block of a degradation-less corresponding image are learned]. For example, it may learn and output by the case where it learns and outputs with the block of a degradation image, and the block of a degradation-less image, and the pixel. The case where the input image itself is learned as data furthermore learned, and a difference daily dose with a degradation filter may be learned.

[0030] Moreover, although live data can also be used for the class in the 1st and 2nd example of the above, if the memory space which considered implementability is taken into consideration, it is possible [it] to use a data compression etc. for a class classification.

[0031] In a data compression, the adaptive quantization (referred to as ADRC) according to the dynamic range of the picture signal mentioned later, DPCM (differential PCM), vector quantization (VQ), etc. can be considered.

[0032] In addition, Above ADRC is a thing which was adapted for the above-mentioned dynamic range for which blocked the digital image signal, and asked for the dynamic range specified by two or more maximums and minimum values of pixel data which are contained in this block, and it asked in this block unit and which assigns and encodes each pixel data within the block concerned with the number of bits. Speaking more concretely, Above ADRC asking for the dynamic range (difference of the maximum level within a block, and the minimum level) specified by the maximum of two or more pixels and the minimum value which are contained in a block predetermined [in one frame (or field)]. The adjustable quantifying bit number which was adapted for this dynamic range is determined for every above-mentioned block. this quantifying bit number -- the input data after minimum value removal -- coding (quantization re---) Namely, while the compressed quantifying bit number divides a dynamic range equally, encoding and using each pixel within a block as the code of the nearest level and obtaining a coding code It seems that it uses as an addition code any [the information on a dynamic range, and] of the above-mentioned maximum and the minimum values to be, and these coding code and an addition code are obtained.

[0033] Furthermore, the following approaches are used for the implementation approach of clustering.

[0034] Here, as simplest approach, there is the technique of making a class number the bit sequence of the study data within a block as it is, for example by class division. However, by this technique, ROM of a huge capacity is needed.

[0035] For this reason, in this example, Above ADRC is used for the class division by the signal pattern, and the effective number of classes which saved the property of a signal pattern is reduced. Here, as shown in drawing 4 , the prediction to the HARASHIN number pixel A is taken for an example from the study signal pixels a, b, and c, and it is the level of the study signal images a, b, and c, respectively x1, x2, and x3 It carries out. Moreover, it is re-quantization data of the result of having performed p bit ADRC to x1, x2, and the data of x3, respectively q1, q2, and q3 It carries out, and the dynamic range is set to DR and the minimum value is set to min.

[0036] At this time, class number (class code) class of this block is defined by the formula (1).

[0037]

[Equation 1]

$$class = \sum_{i=1}^3 q_i (2^p)^{i-1} \quad (1)$$

[0038] In addition, originally ADRC is the accommodative re-quantizing method developed for [to turn] high efficiency coding VTR (video tape recorder), and since the local pattern of signal level can be efficiently expressed by the short word length, in this example, this is used for code generating of a class classification of a signal pattern.

[0039] More generally it explains. They are x1, ..., xn about study signal pixel level. When it carries out and the HARASHIN number pixel level is set to y, they are multipliers w1, ..., wn for every class. Linearity presumption type of n tap to depend (2) $y = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n$ (2)

It sets up. In addition, it is w_i before study. It is an undetermined coefficient.

[0040] Study is performed to two or more signal data for every class. When the number of data is m , it is a formula (2) (prediction type). It follows and is $y_k = w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn}$ ($k = 1, 2, \dots, m$) (3)

In $M > n$, they are w_1, \dots, w_n . Since it does not become settled uniquely, it is [] the element of the error vector $e_k = y_k - (w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn})$ (4 ($k = 1, 2, \dots, m$))

A definition is given and it is a formula (5). It asks for the multiplier made into min. It is a solution method by the so-called least square method.

[0041]

[Equation 2]

$$e^2 = \sum_{k=1}^m \{e_k\}^2 \quad (5)$$

[0042] Here, it is a formula (5). w_i About ***** to depend, it is a formula (6). It asks like.

[0043]

[Equation 3]

$$\frac{\partial e^2}{\partial w_i} = \sum_{k=1}^m 2 \left(\frac{\partial e_k}{\partial w_i} \right) e_k = \sum_{k=1}^m 2 x_{ki} \cdot e_k \quad (6)$$

[0044] The above-mentioned formula (6) It is each w_i so that it may be made 0. Since what is necessary is just to decide, it is a formula (7). Formula (8) It is [0045] like.

[Equation 4]

$$X_{ji} = \sum_{k=1}^m x_{ki} \cdot x_{kj} \quad (7)$$

[0046]

[Equation 5]

$$Y_i = \sum_{k=1}^m x_{ki} \cdot y_k \quad (8)$$

[0047] It is a formula (9), when it carries out and a matrix is used. It becomes like and is [0048].

[Equation 6]

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad (9)$$

[0049] sweeping out -- general matrix solution methods, such as law, -- using -- w_i ***** -- if it solves, a prediction coefficient can be found and this prediction coefficient is stored as data (ROM table) of the address class of ROM in this example.

[0050] Next, the above-mentioned degradation function is explained below. First, the image observation model which took the noise into consideration is considered. The image observation model which took this noise into consideration can be expressed like a formula (10).

$g = Af + n$ (10) In addition, in this formula (10), in f , observation data and A express an observation process and, as for n , a subject-copy image and g express the additivity noise.

[0051] Here, it is the space where the target subject-copy image f belongs H_1 It is the space where it carries out and the observation data g belong H_2 Noise n is H_2 when it carries out. It is origin and Observation A is H_1 mathematically. H_2 It can be regarded as an operator. f and g may be expressed as an array which may be expressed as a function defined on the continuation field, and was defined on the dispersed point. In the case of the latter, it is the same as a vector.

According to these expression approaches, the model of a formula (10) is called as follows. Namely, H1 When both H2 is functional space, it is called a continuation-continuous model, and in both the cases of vector space, it is called discrete - dispersion model. Moreover, H1 It is H2 in functional space. The case where it is vector space is called continuation-dispersion model. [0052] In the case of the above-mentioned continuation-continuous model, the above-mentioned formula (10) is expressed like a formula (11).

[0053]

[Equation 7]

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y, x', y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y) \quad (11)$$

[0054] In addition, in this formula (11), $f(x, y)$ is [a degradation image and $n(x, y)$ of a subject-copy image and $g(x, y)$] noises, and $h(x, y, x', y')$ is called a degradation function. for example, $f(x, y) = \delta(x - \alpha, y - \beta)$ -- the degradation image to the point light source is $h(x, y, \alpha, \beta)$. Therefore, a degradation function may be called a point spread function (PSF: point spread function) to coincidence.

[0055] When the image with which the point light source deteriorated does not call at the location of the point except for a parallel displacement here, a point spread function turns into a function of $h(x - x', y - y')$ and difference type, and the above-mentioned formula (11) is a convolution integral (convolution) like a formula (12). It is expressed.

[0056]

[Equation 8]

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x - x', y - y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y) \quad (12)$$

[0057] such degradation -- migration unchangeability, location unchangeability, or space -- it is said that it is eternal. A formula (11) may be convertible for the format of a formula (12) with a change of variables.

[0058] Moreover, degradation may be separable in the direction of a x axis, and the direction of the y -axis. Speaking mathematically, the degradation function's supporting that it can decompose into the form of a product like a formula (13).

$h(x, y, x', y') = h_1(x - x') h_2(y - y')$ (13) This is called isolated nuclei. Bure of the photograph by uniform motion of a camera -- isolated nuclei and migration -- it is the example of eternal degradation.

[0059] Moreover, discrete - dispersion model of the above-mentioned formula (10) is as follows. For example, N dimension vector made from the value in the sample point of N individual of the subject-copy image $f(x, y)$ is set to f . g, n , then the above-mentioned formula (11) are the degradation image $g(x, y)$ and Noise $n(x, y)$, and N dimension vector made in approximation similarly, respectively $g = Af + n$ It can express (14). Here, A in a formula (14) is the N th square matrix showing degradation.

[0060] Moreover, a sample point is $N_1 \times N_2$. When given in the lattice point (x_m and y_n) of an individual ($N = N_1 \times N_2$), the sampled value $f(x_m, y_n)$ of $f(x, y)$ can be put in order as it is, and can be expressed with the form of a matrix. This is set to $[f]$. It is similarly referred to as $[g]$ and $[n]$ to the degradation image $g(x, y)$ and Noise $n(x, y)$. Furthermore, suppose that they are Degradation A isolated nuclei like a formula (13). At this time, the formula (11) of a continuation-continuous model is discrete - dispersion model in approximation. $[g] = A_1 [f] A_2 + [n]$ It can be expressed as (15). Here, it is A_1 and A_2 . It is N_1 , respectively. A degree and N_2 It is degree square matrix.

[0061] furthermore, the degradation A -- migration -- case it is eternal -- a formula (12) -- receiving -- A_1 of a formula (15), and A_2 Tape RITTSU (Toeplitz) If approximated in procession, it is convertible for a diagonal matrix with discrete Fourier transform (DFT). This is equivalent to changing the convolution integral of a formula (12) into the form of a product with the Fourier transform.

[0062] Next, after degradation by the continuation-continuous model, a continuation-dispersion

model performs sampling and changes it into Vector g or a matrix format $[g]$. Therefore, in the part of the first half, it is a formula (11). The expression of a formula (15) can be used. Or these two processes can be summarized and it can also express like a formula (16).

[0063]

[Equation 9]

$$g_{ij} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) f(x, y) dx dy + n_{ij} \quad (16)$$

[0064] this formula (16) -- g_{ij} and n_{ij} -- respectively -- the [of $[g]$ and $[n]$] -- it is ij component.

[0065] In addition, as shown in the above-mentioned formula (11) - the formula (19), there are many approaches of expressing an image degradation model concretely.

[0066] It returns to drawing 1 and the example of a configuration of the image restoration equipment of the 1st example which reads data from the ROM table which learned as mentioned above and was obtained, and performs image restoration is explained. The image restoration equipment of drawing 1 shows the configuration in the case of outputting the pixel which restored degradation to the input degradation image.

[0067] In this drawing 1, the digital image signal which was inputted into the input terminal 1 and which deteriorated is sent to the blocking circuit 2. The supplied digital image signal is divided into two or more blocks which consist of two or more pixel data in the blocking circuit 2 concerned.

[0068] The block data from the above-mentioned blocking circuit 2 is sent to the class code generating circuit 3. In the class code generating circuit 3 concerned, it asks for a class with reference to the pattern of two-dimensional level distribution of the supplied block, and the class code is generated.

[0069] This class code is sent to the ROM table 4 as address data. The study value (namely, pixel data without degradation) mentioned above is stored in the ROM table 4 concerned, and the study value is outputted corresponding to the above-mentioned class code (address). The study value, i.e., pixel data without degradation, read from the ROM table 4 concerned is outputted from an output terminal 5.

[0070] Next, the configuration in the case of saving the study value of a block unit is shown in the ROM table 9 as the 2nd example of this invention at drawing 5.

[0071] In this drawing 5, it is the same configuration as the input terminal 1 of drawing 1 to the class code generating circuit 3 up to the class code generating circuit 8 from an input terminal 6. Here, the ROM table 9 of drawing 5 outputs the data of a block unit to the ROM table 4 of drawing 1 outputting the data which are not a block unit.

[0072] The data of the block unit without degradation outputted from the ROM table 9 concerned are sent to the block decomposition circuit 10. That is, since the output of the ROM table 9 is a block unit, by the block decomposition circuit 10, block decomposition is performed and the disassembled data turns into output data of a degradation-less image from an output terminal 11. The non-deteriorated image output means consists of this 2nd example in the ROM table 9 and the block decomposition circuit 10.

[0073] Next, as the 3rd example of this invention, about the difference of the output of the restoration filter which restores degradation with the inverse function of a degradation function, and the output of the same blocking circuit 13 as drawing 1 and drawing 5, when it learns previously, the example of an about is shown in drawing 6.

[0074] That is, in the class code generating circuit 16 of the image restoration equipment of the 3rd example shown in this drawing 6, it is made to perform class classification processing to the difference of the input image blocked through the blocking circuit 13, and the output which filtered that block image through the restoration filter 14.

[0075] In this drawing 6, a digital image signal is supplied to an input terminal 12 like the input terminals 1 and 6 of drawing 1 and drawing 5, and blocking does in the same, same blocking circuit 13 as drawing 1 and drawing 5.

[0076] The output of the blocking circuit 13 concerned is sent to the restoration filter 14 which

restores degradation of an image with the inverse function of a degradation function. The output with which filtering was made with the filter 14 concerned is sent to an adder 15 as a subtraction signal. The difference of the block data which the output from the above-mentioned blocking circuit 13 was supplied to the adder 15 concerned also as an addition signal at this time, therefore was filtered in the adder 15 concerned, and the block data which is not filtered will be called for.

[0077] The output of this adder 15 is sent to the class code generating circuit 16. It asks for a class with reference to the pattern of two-dimensional level distribution of the output block of the above-mentioned adder 15, and the class code is generated also in the class code generating circuit 16 concerned.

[0078] This class code is sent to the ROM table 17 as address data. The study value which learned by the data of the difference of pixel data without degradation and the data which filtered pixel data without the degradation concerned with the degradation filter is stored in the ROM table 17 concerned, therefore a study value comes to be outputted corresponding to the above-mentioned class code (address).

[0079] The study value outputted from this ROM table 17 is sent as an addition signal as well as the adder 18 with which the output of the above-mentioned filter 14 is supplied as an addition signal. Thereby, from the adder 18 concerned, pixel data without degradation are outputted and this is outputted by the output terminal 19. Therefore, the non-deteriorated image output means is constituted from this 3rd example equipment by the above-mentioned ROM table 17 and the adder 18 with which the output of a filter 14 is supplied.

[0080] In addition, although it is made to give a class classification to said difference with the image restoration equipment of the 3rd example, it is also possible to perform a class classification, for example to the output of the filter 14 of an input image.

[0081] As mentioned above, it sets to the image restoration of this invention example. Carry out scan conversion (blocking) of the input image with which image quality deteriorated, and class generation is performed from this block image data. By outputting the data (data by which study optimization was carried out) which act on image restoration from the table beforehand learned according to the class (namely, signal pattern), and generating a restoration image from the data. Even if it is the case where the image with which degradation was restored can be obtained, therefore the cause of degradation cannot be specified, and the case where an inverse function cannot be determined uniformly, restoration of the image which deteriorated is attained.

[0082] Namely, although it restores by analyzing the cause of degradation, usually determining a degradation model function, and giving an inverse function when it is going to restore the image with which image quality deteriorated. A sake [when the ability to determine uniformly neither the case where the cause of degradation cannot be specified, nor an inverse function, in this invention example] Instead of using the inverse function of a degradation model function, he is trying to restore an image using the restoration table beforehand obtained by study by the thing which apply the restoration image which does not have degradation instead of the image which deteriorated (mapping) and to do.

[0083] Thus, in order to restore an image by mapping on the study table using an image without degradation, once it is necessary to ask neither for the decision of a complicated degradation function, nor its inverse function upwards and creates a table in this invention example, since it is only reading the table of image restoration, processing is easy to process. Moreover, the inverse function of a degradation function cannot be defined, but if it is the former, when it cannot restore, a restoration table can be created by study.

[0084] Therefore, according to the image restoration equipment of this example, the image with which image quality degradation to the image picturized, for example with the television camera was restored can be obtained.

[0085]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the result of having learned beforehand the image with which image quality deteriorated in this invention with the data which carried out the class classification for every block, and the block data of an image without degradation is memorized. Divide a degradation image into two or more blocks, classify the blocked data into two or more

classes, and the class code corresponding to the classification is obtained. Since he is trying to output the image which does not have degradation corresponding to a degradation image according to this class code, even if it is the case where the cause of degradation cannot be specified, and the case where an inverse function cannot be determined uniformly, restoration of the image which deteriorated is attained.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block circuit diagram showing the outline configuration of the image restoration equipment of the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is the flow chart of the 1st example about the study in this invention example.

[Drawing 3] It is the flow chart of the 2nd example about the study in this invention example.

[Drawing 4] It is drawing for explaining prediction of a study signal image to the HARASHIN number image.

[Drawing 5] It is the block circuit diagram showing the outline configuration of the image restoration equipment of the 2nd example.

[Drawing 6] It is the block circuit diagram showing the outline configuration of the image restoration equipment of the 3rd example.

[Description of Notations]

2, 7, 13 Blocking circuit

3, 8, 16 Class code generating circuit

4, 9, 17 ROM table

10 Block decomposition circuit

14 Filter

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CORRECTION OR AMENDMENT

[Kind of official gazette] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of Patent Law

[Section partition] The 3rd partition of the 7th section

[Publication date] July 27, Heisei 13 (2001. 7.27)

[Publication No.] JP,7-67028,A

[Date of Publication] March 10, Heisei 7 (1995. 3.10)

[Annual volume number] Open patent official report 7-671

[Application number] Japanese Patent Application No. 5-213210

[The 7th edition of International Patent Classification]

H04N 5/235

[FI]

H04N 5/235

[Procedure revision]

[Filing Date] August 18, Heisei 12 (2000. 8.18)

[Procedure amendment 1]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] Claim

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[Claim(s)]

[Claim 1] A blocking means to divide into two or more blocks the input image which has produced degradation,

A class classification means to classify the blocked data into two or more classes, and to output the class code corresponding to the classification,

Image restoration equipment characterized by coming to have a non-deteriorated image output means to output the image which does not have degradation corresponding to an input image according to the above-mentioned class code.

[Claim 2] The above-mentioned non-deteriorated image output means is image-restoration equipment according to claim 1 characterized by to have made the above-mentioned class code correspond and to have memorized the result learned beforehand by the data which blocked the image without degradation, and the data which gave the class classification to the image which degraded the image without the blocked degradation concerned with the predetermined degradation function.

[Claim 3] The above-mentioned non-deteriorated image output means is image restoration equipment according to claim 1 characterized by having made the above-mentioned class code correspond and having memorized the result learned beforehand by the data which blocked the image which deteriorated and carried out the class classification, and the data which blocked the

image without degradation.

[Claim 4] It has further the restoration section which restores degradation of image data with the inverse function of a degradation function, difference with the data with which blocking of the above-mentioned class classification means was carried out [above-mentioned] with the output data from the above-mentioned restoration section -- the image restoration equipment according to claim 1 characterized by classifying into two or more classes the data by which blocking was carried out [above-mentioned] based on a value.

[Claim 5] A block chemically-modified [which divides into two or more blocks the input image which has produced degradation] degree,

The class classification procedure which classifies the blocked data into two or more classes, and outputs the class code corresponding to the classification,

The image restoration approach characterized by coming to have the non-deteriorated image output process which outputs the image which does not have degradation corresponding to an input image according to the above-mentioned class code.

[Claim 6] The image-restoration approach according to claim 5 characterized by to take out the study value corresponding to the above-mentioned class code from two or more study values which learned beforehand and acquired by the data which blocked the image without degradation at the above-mentioned non-deteriorated image output process, and the data which gave the class classification to the image which degraded the image without the blocked degradation concerned with the predetermined degradation function.

[Claim 7] The image restoration approach according to claim 5 characterized by taking out the study value corresponding to the above-mentioned class code from two or more study values which learned beforehand and were acquired by the data which blocked the image which deteriorated at the above-mentioned non-deteriorated image output process, and carried out the class classification, and the data which blocked the image without degradation.

[Claim 8] It has further the restoration process which restores degradation of image data with the inverse function of a degradation function, difference with the data with which blocking of the above-mentioned class classification procedure was carried out [above-mentioned] with the output data from the above-mentioned restoration process -- the image restoration approach according to claim 5 characterized by classifying into two or more classes the data by which blocking was carried out [above-mentioned] based on a value.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-67028

(43) 公開日 平成7年(1995)3月10日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 N 5/235

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-213210

(22) 出願日 平成5年(1993)8月27日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 近藤 哲二郎

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 堀土 賢

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 藤森 泰弘

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

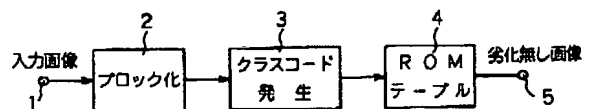
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像復元装置及び方法

(57) 【要約】

【構成】 デジタル画像信号の画質が劣化した画像を復元する装置であって、入力端子1を介して供給される劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割する(入力画像を走査変換する)ブロック化回路2と、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラスコード発生回路3と、クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する(予め学習最適化されたデータを出力する)ROMテーブル4とを有してなる。

【効果】 劣化の原因が特定できない場合や、逆関数が一樣に決定できない場合であっても、劣化した画像の復元ができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割するブロック化手段と、
ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類手段と、
上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する無劣化画像出力手段とを有してなることを特徴とする画像復元装置。

【請求項2】 上記無劣化画像出力手段は、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習した結果を、上記クラスコードに対応させて記憶していることを特徴とする請求項1記載の画像復元装置。

【請求項3】 上記無劣化画像出力手段は、劣化した画像をブロック化してクラス分類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習した結果を、上記クラスコードに対応させて記憶していることを特徴とする請求項1記載の画像復元装置。

【請求項4】 劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割するブロック化手段と、
ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類手段と、
上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する無劣化画像出力手段とを有してなることを特徴とする画像復元方法。

【請求項5】 上記無劣化画像出力手段では、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習して得た複数の学習値から、上記クラスコードに対応した学習値を取り出すことを特徴とする請求項4記載の画像復元方法。

【請求項6】 上記無劣化画像出力手段では、劣化した画像をブロック化してクラス分類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習して得た複数の学習値から、上記クラスコードに対応した学習値を取り出すことを特徴とする請求項4記載の画像復元方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、劣化した画像を劣化の無い画像に復元（修復）する画像復元装置及び方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、画質の劣化した画像を復元する場合には、劣化の原因を解析してその劣化のモデル関数を求め、上記劣化した画像に対して上記劣化のモデル

関数に対応する逆関数を施すことにより画像復元を行うようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記劣化の原因としては、カメラ（ビデオカメラ等の画像撮影装置）の様な動きによるものや、カメラの光学系によるボケ等の各種のものが考えられる。したがって、上記画像を復元する場合には、それぞれの劣化の原因によって上記劣化のモデル関数も異なることになる。

【0004】 このようなことから、劣化を復元しようとする場合には、その劣化の原因を特定できないと、上記モデル関数が決定できず、復元が困難となる。

【0005】 また、劣化原因のモデル関数を立てることができたとしても、復元するための逆関数が存在しない場合が多々あり、その場合の最適なモデルの評価も困難となっている。

【0006】 すなわち、画質の劣化した画像を復元する場合には、劣化原因を解析し、劣化モデル関数を決定し、その逆関数を施すことにより復元を行うが、上述のように劣化の原因が特定できない場合や逆関数が一樣に決定できない場合には復元が困難となる。

【0007】 そこで、本発明は、上述したようなことに鑑み、劣化の原因が特定できない場合や、逆関数が一樣に決定できない場合であっても、劣化した画像の復元ができる画像復元装置及び方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上述の目的を達成するために提案されたものであり、本発明の画像復元装置は、デジタル画像信号の画質が劣化した画像を復元する装置であって、劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割する（入力画像を走査変換する）ブロック化手段と、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類手段と、上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する（予め学習最適化されたデータを出力する）無劣化画像出力手段とを有してなるものである。

【0009】 ここで、上記無劣化画像出力手段は、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習した結果（学習値）を、上記クラスコードに対応させたテーブルとして記憶している。或いは、上記無劣化画像出力手段は、劣化した画像をブロック化してクラス分類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習した結果（学習値）を、上記クラスコードに対応させたテーブルとして記憶している。

【0010】 また、本発明の画像復元方法は、劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割するブロック

化工程と、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類工程と、上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する無劣化画像出力工程とを有してなるものである。

【0011】ここで、上記無劣化画像出力工程では、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習して得た複数の学習値から、上記クラスコードに対応した学習値を取り出す。或いは、上記無劣化画像出力工程では、劣化した画像をブロック化してクラス分類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習して得た複数の学習値から、上記クラスコードに対応した学習値を取り出す。

【0012】

【作用】本発明によれば、画質の劣化した画像をブロック毎にクラス分類したデータと劣化の無い画像のブロックデータとで予め学習して得た結果（復元テーブル）を保存している。すなわち、学習によるテーブルは、劣化した画像と劣化の無い画像との間で学習されているため、劣化した画像のクラス分類によるクラスコードに対応した学習値をこのテーブルから取り出す（劣化した画像の代わりに劣化のない復元画像をあてはめる（マッピング））ようにすることで、劣化が修復された画像を得ることができる。また、一度テーブルを作成すれば、画像の復元はテーブルを読み出す処理のみであるため、処理が簡単となる。

【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0014】本発明の第1の実施例の画像復元装置は、デジタル画像信号の画質が劣化した画像を復元する装置であって、図1に示すように、入力端子1を介して供給される劣化の生じている入力画像を複数のブロックに分割する（入力画像を走査変換する）ブロック化回路2と、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを出力するクラス分類手段であるクラスコード発生回路3と、上記クラスコードに応じて入力画像に対応する劣化の無い画像を出力する（予め学習最適化されたデータを出力する）無劣化画像出力手段であるROMテーブル4とを有してなるものである。

【0015】ここで、上記ROMテーブル4は、劣化の無い画像をブロック化したデータと当該ブロック化した劣化の無い画像を後述する所定の劣化関数により劣化させた画像に対してクラス分類を施したデータとで予め学習した結果（学習値）を、上記クラスコードに対応させたテーブルとして記憶している（後述する第1の具体例）。或いは、劣化した画像をブロック化してクラス分

類したデータと劣化の無い画像をブロック化したデータとで予め学習した結果（学習値）を、上記クラスコードに対応させたテーブルとして記憶している（後述する第2の具体例）。また、上記クラスコード発生回路3は、後述するような高次多項式をモデル式として用いて、入力画像に最も近い形状を表す式の係数群を求め、この係数群に応じてクラス分類を行う。

【0016】ここで、本発明実施例の画像復元装置の構成の説明に先立ち、画像復元における学習とROMテーブルの生成について説明する。

【0017】画像復元を予め学習したテーブルで行おうとする場合、劣化した画像と劣化の無いきれいな画像との間で学習処理をする必要がある。学習に用いる劣化画像を得る方法としては、例えば被写体を固定しておき、カメラを動かして流れ画像を生成したり、カメラの焦点を故意にずらせてボケ画像を生成する等の方法がある。

【0018】ここで、劣化画像を用いて学習を行うときの処理の流れの第1の具体例を図2に示す。

【0019】この図2において、ステップS9では劣化の無い画像が供給される。次のステップS10では上記劣化無し画像をブロック化し、ステップS13に送る。また、ステップS10の劣化無し画像は、ステップS11において既知の劣化関数を用いて劣化させる。その後、ステップS12では上記劣化関数で劣化させたブロックデータをクラスに分類するクラスタリングを行い、ステップS13に進む。なお、クラス分類とは、ブロック化した画像データを用いたパターン分類のことである。

【0020】ステップS13では、上記ステップS10からの劣化無しブロックデータと、上記ステップS12からの劣化させてクラス分類したブロックデータとの間でトレーニング（学習）を行う。

【0021】ステップS14では、あらゆるクラス学習が十分に行われる程度に、画像を構成する全てのブロックに対して学習が繰り返し行われたか否かの判断を行う。このステップS14でノーと判断された場合はステップS10に戻り、イエスと判断されるとステップS15に進む。

【0022】ステップS15では、クラス毎に学習された最適値でマッピングテーブルを生成する。これがROMテーブルとなる。

【0023】上記第1の具体例では、劣化無し画像を劣化関数によって劣化させることで劣化画像を生成しているが、以下に述べる第2の具体例のように、予め上述したようにカメラの移動や焦点をずらす等して生成した劣化画像を用いて学習を行うこともでき、この場合の処理の流れは例えば図3に示すようになる。

【0024】この図3において、ステップS1では予め物理的に生成した劣化画像が、ステップS2では劣化の無い画像が供給される。ステップS3では上記劣化画像

10

20

30

40

50

をブロック化し、ステップS4ではステップS3でのブロック化に対応する位置で上記劣化無し画像をブロック化する。

【0025】ステップS3の次のステップS5では、上記劣化画像のブロックデータをクラスに分類するクラスタリングを行う。このクラス分類もブロック化した画像データを用いたパターン分類のことである。

【0026】ステップS5とステップS4の処理後に進むステップS6では、上記劣化画像と劣化無し画像のブロック間でトレーニング（学習）を行う。

【0027】ステップS7では、あらゆるクラス学習が十分に行われる程度に、画像を構成する全てのブロックに対して学習が繰り返し行われたか否かの判断を行う。このステップS7でノーと判断された場合、劣化画像に対してはステップS3へ、また劣化無し画像に対してはステップS4に戻る。ステップS7でイエスと判断されると、ステップS8に進む。

【0028】ステップS8では、クラス毎に学習された最適値でマッピングテーブルを生成する。これがROMテーブルとなる。

【0029】なお、上記劣化画像のブロックと対応する劣化無し画像のブロックをどのように学習するかでいくつかのパターンがある。例えば、劣化画像のブロックと劣化無し画像のブロックで学習を行って出力する場合や、画素で学習を行って出力する場合がある。さらに学習するデータとして入力画像そのものを学習する場合や、劣化フィルタとの差分量を学習する場合等もある。

【0030】また、上記第1、第2の具体例におけるクラスには、実データを用いることもできるが、実現性を考えたメモリ容量を考慮に入れると、クラス分類にデータ圧縮等を用いることが考えられる。

【0031】データ圧縮には、例えば、後述する画像信号のダイナミックレンジに応じた適応量子化（ADRCと呼ぶ）や、DPCM（差分量子化）、ベクトル量子化（VQ）等が考えられる。

【0032】なお、上記ADRCとは、デジタル画像信号をブロック化し、このブロック内に含まれる複数の*

$$class = \sum_{i=1}^3 q_i (2^p)^{i-1}$$

【0038】なお、本来ADRCはVTR（ビデオテープレコーダ）向けの高効率符号化用に開発された適応的再量子化法であり、信号レベルの局所的なパターンを短い語長で効率的に表現できるので、本実施例ではこれを信号パターンのクラス分類のコード発生に使用してい ※

$$y = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n$$

を設定する。なお、学習前は w_i が未定係数である。

【0040】学習は、クラス毎に複数の信号データに対して行う。データ数が m の場合、式(2)（予測式）に従って、

* 画素データの最大値及び最小値により規定されるダイナミックレンジを求め、このブロック単位で求めた上記ダイナミックレンジに適応した割り当てビット数で当該ブロック内の各画素データを符号化するものである。より具体的に言うと、上記ADRCは、1フレーム（又はフィールド）内の所定のブロック内に含まれる複数の画素の最大値及び最小値により規定されるダイナミックレンジ（ブロック内最大レベルと最小レベルの差）を求め、このダイナミックレンジに適応した可変の量子化ビット数を上記ブロック毎に決定し、この量子化ビット数で最小値除去後の入力データを符号化（再量子化、すなわち圧縮された量子化ビット数によりダイナミックレンジを均等に分割し、ブロック内の各画素を最も近いレベルのコードに符号化する）して符号化コードを得ると共に、ダイナミックレンジの情報と上記最大値、最小値の内の何れかを付加コードとし、これら符号化コードと付加コードとを得るようなものである。

【0033】さらに、クラスタリングの実現方法には、以下のような方法を用いる。

【0034】ここで、クラス分割でもっとも簡便な方法としては、例えばブロック内の学習データのビット系列をそのままクラス番号とする手法がある。ただし、この手法では膨大な容量のROMが必要となる。

【0035】このため、本実施例では、信号パターンによるクラス分割に上記ADRCを使用して、信号パターンの性質を保存した効果的なクラス数の削減を行う。ここで、例えば図4に示すように、学習信号画素 a 、 b 、 c から原信号画素 A への予測を例にとり、学習信号画素 a 、 b 、 c のレベルをそれぞれ x_1 、 x_2 、 x_3 とする。また、 x_1 、 x_2 、 x_3 のデータに対して p ビットADRCを行った結果の再量子化データをそれぞれ q_1 、 q_2 、 q_3 とし、そのダイナミックレンジを D 、最小値を min とする。

【0036】このとき、このブロックのクラス番号（クラスコード） $class$ は、式(1)で定義される。

【0037】

【数1】

(1)

※る。

【0039】より一般的に説明する。学習信号画素レベルを x_1 、 \dots 、 x_n とし、原信号画素レベルを y としたとき、クラス毎に係数 w_1 、 \dots 、 w_n による n タップの線形推定式(2)

(2)

$$y_k = w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

$M > n$ の場合には w_1 、 \dots 、 w_n は一意には定まらないので、誤差ベクトル e の要素を

$e_k = y_k - \{w_1 x_{k1} + w_2 x_{k2} + \dots + w_n x_{kn}\}$ * 最小自乗法による解法である。
 $(k=1, 2, \dots, m)$ (4) 【0041】
 と定義して、式(5)を最小にする係数を求める。いわゆ* 【数2】

$$e^2 = \sum_{k=1}^m \{e_k\}^2 \quad (5)$$

【0042】ここで、式(5)の w_i による偏微分係数 ※【0043】
 を、式(6)のように求める。 ※【数3】

$$\frac{\partial e^2}{\partial w_i} = \sum_{k=1}^m 2 \left(\frac{\partial e_k}{\partial w_i} \right) e_k = \sum_{k=1}^m 2 x_{ki} \cdot e_k \quad (6)$$

【0044】上記式(6)を0にするように各 w_i を決め ★【0045】
 ればよいから、式(7)、式(8)のように、 ★【数4】

$$X_{ji} = \sum_{k=1}^m x_{ki} \cdot x_{kj} \quad (7)$$

【0046】 ☆ ☆【数5】

$$Y_i = \sum_{k=1}^m x_{ki} \cdot y_k \quad (8)$$

【0047】として行列を用いると式(9)のようになり、 ◆【0048】
 ◆【数6】

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad (9)$$

【0049】掃き出し法などの一般的な行列解法を用いて、 w_i について解けば予測係数が求まり、本実施例ではROMのアドレスclassのデータ(ROMテーブル)としてこの予測係数を格納しておく。

【0050】次に、以下に上記劣化関数について説明する。まず、雑音を考慮に入れた画像観測モデルを考える。この雑音を考慮に入れた画像観測モデルは式(10)のように表すことができる。

$$g = A f + n \quad (10)$$

なお、この式(10)において、 f は原画像、 g は観測データ、 A は観測過程、 n は加法的雑音を表している。

【0051】ここで、対象としている原画像 f の属する空間を H_1 とし、観測データ g の属する空間を H_2 とすると、雑音 n は H_2 の元であり、観測結果 A は数学的に*

30* は H_1 や H_2 への作用素とみなすことができる。 f や g は、連続領域の上で定義された関数として表現されることもあるし、離散点上で定義された配列として表現されることもある。後者の場合、それはベクトルと同じものである。これらの表現方法に応じて、式(10)のモデルは、次のように呼ばれる。すなわち、 H_1 と H_2 が共に関数空間の場合は連続-連続モデルと言い、共にベクトル空間の場合は離散-離散モデルという。また、 H_1 が関数空間で H_2 がベクトル空間の場合を、連続-離散モデルという。

40 【0052】上記式(10)は、上記連続-連続モデルの場合、式(11)のように表現される。

【0053】
 【数7】

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y, x', y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y) \quad (11)$$

【0054】なお、この式(11)において、 $f(x, y)$ は原画像、 $g(x, y)$ は劣化画像、 $n(x, y)$ は雑音であり、 $h(x, y, x', y')$ は劣化関数と呼ばれるものである。例えば、 $f(x, y) = \delta(x - \alpha, y - \beta)$ なる点光源に対する劣化画像が $h(x, y,$

$\alpha, \beta)$ である。したがって、劣化関数は同時に、点ひろがり関数(PSF: point spread function)と呼ばれることもある。

50 【0055】ここで、点光源の劣化した像が平行移動を除いて、その点の位置によらないとき、点ひろがり関数

は $h(x-x', y-y')$ と差形の関数になり、上記式(11)は、式(12)のように、畳み込み積分(convolution)で表される。

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x-x', y-y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y) \quad (12)$$

【0057】このような劣化を移動不変、位置不変、或いは空間不変であるという。変数変換によって、式(11)を式(12)の形式に変換できる場合もある。

$$h(x, y, x', y') = h_1(x, x') h_2(y, y') \quad (13)$$

これを分離核という。カメラの様な動きによる写真のブレは、分離核かつ移動不変な劣化の例である。

【0059】また、上記式(10)の離散-離散モデルは、次のようになる。例えば、原画像 $f(x, y)$ の N 個の標本点における値から作られる N 次元ベクトルを f とする。同様に劣化画像 $g(x, y)$ 及び雑音 $n(x, y)$ が作られる N 次元ベクトルを、それぞれ g, n とすれば、上記式(11)は近似的に、

$$g = A f + n \quad (14)$$

と表すことができる。ここで、式(14)における A は、劣★

$$[g] = A_1 [f] A_2 + [n]$$

と表現できる。ここで、 A_1, A_2 は、それぞれ N_1 次及び N_2 次正方行列である。

【0061】さらに、劣化 A が移動不変の場合、式(12)に対して、式(15)の A_1, A_2 はトープリッツ (Toeplitz) 行列で近似すれば、離散フーリエ変換 (DFT) によって対角行列に変換することができる。これは式(12)の畳み込み積分をフーリエ変換によって積の形に変換することに相当している。

$$g_{ij} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) f(x, y) dx dy + n_{ij} \quad (16)$$

【0064】この式(16)で、 g_{ij} 及び n_{ij} は、それぞれ $[g]$ 及び $[n]$ の第 i, j 成分である。

【0065】なお、上述の式(11)～式(19)に示したように、画像劣化モデルを具体的に表現する方法は数多くある。

【0066】図1に戻って、上述のようにして学習して得たROMテーブルからデータを読みだして画像復元を行う第1の実施例の画像復元装置の構成例について説明する。図1の画像復元装置は、入力劣化画像に対して劣化を復元した画素を出力する場合の構成を示している。

【0067】この図1において、入力端子1に入力された劣化したデジタル画像信号は、ブロック化回路2に送られる。当該ブロック化回路2では、供給されたデジタル画像信号を複数の画素データからなる複数のブロックに分割する。

【0068】上記ブロック化回路2からのブロックデータは、クラスコード発生回路3に送られる。当該クラスコード発生回路3では、供給されたブロックの2次元的なレベル分布のパターンを参照してクラスを求め、そのクラスコードを発生する。

* 【0056】

【数8】

※ 【0058】また、劣化を x 軸方向と y 軸方向に分離できる場合がある。数学的に言えば、劣化関数が、式(13)のように、積の形に分解できることに対応している。

10★化を表す N 次正方行列である。

【0060】また、標本点が $N_1 \times N_2$ 個 ($N = N_1 \times N_2$) の格子点 (x_n, y_n) で与えられている場合、 $f(x, y)$ の標本値 $f(x_n, y_n)$ をそのまま並べて、行列の形で表すことができる。これを $[f]$ とする。劣化画像 $g(x, y)$ 及び雑音 $n(x, y)$ に対しても、同様に $[g], [n]$ とする。さらに、劣化 A は式(13)のように分離核になっているとする。このとき、連続-連続モデルの式(11)は近似的に離散-離散モデルによって、

$$(15)$$

☆ 【0062】次に、連続-離散モデルは、連続-連続モデルによる劣化の後、標準化を行ってベクトル g 或いは行列形式 $[g]$ に変換したものである。したがって、前半の部分には式(11)、式(15)の表現を使うことができる。或いは、この2つの過程をまとめて、式(16)のように表現することもできる。

【0063】

【数9】

【0069】このクラスコードは、アドレスデータとしてROMテーブル4に送られる。当該ROMテーブル4には、上述したようにした学習値 (すなわち劣化無しの画素データ) が格納されており、上記クラスコード (アドレス) に対応してその学習値が出力される。当該ROMテーブル4から読みだされた学習値すなわち劣化無しの画素データが出力端子5から出力される。

【0070】次に、本発明の第2の実施例として、図5には、ROMテーブル9にブロック単位の学習値を保存している場合の構成を示す。

【0071】この図5において、入力端子6からクラスコード発生回路8までは、図1の入力端子1からクラスコード発生回路3までと同様の構成である。ここで、図1のROMテーブル4がブロック単位でないデータを出力するのに対し、図5のROMテーブル9はブロック単位のデータを出力する。

【0072】当該ROMテーブル9から出力される劣化無しのブロック単位のデータは、ブロック分解回路10に送られる。すなわち、ROMテーブル9の出力は、ブロック単位であるため、ブロック分解回路10によって

ブロック分解を行い、その分解されたデータが出力端子 11 から劣化無し画像の出力データとなる。この第 2 の実施例では、ROM テーブル 9 とブロック分解回路 10 とで無劣化画像出力手段が構成されている。

【0073】次に、図 6 には、本発明の第 3 の実施例として、劣化関数の逆関数で劣化を復元する復元フィルタの出力と図 1、図 5 同様のブロック化回路 13 の出力との差分について、先に学習を行っておいた場合についての例を示す。

【0074】すなわち、この図 6 に示す第 3 の実施例の画像復元装置のクラスコード発生回路 16 では、ブロック化回路 13 を介してブロック化された入力画像と、そのブロック画像を復元フィルタ 14 を介してフィルタリングした出力との差分に対してクラス分類処理を施すようにしている。

【0075】この図 6 において、入力端子 12 には図 1、図 5 の入力端子 1、6 と同様にデジタル画像信号が供給され、同じく図 1、図 5 と同様のブロック化回路 13 でブロック化がなされる。

【0076】当該ブロック化回路 13 の出力は、劣化関数の逆関数で画像の劣化を復元する復元フィルタ 14 に送られる。当該フィルタ 14 でフィルタリングがなされた出力は、加算器 15 に減算信号として送られる。このとき当該加算器 15 には上記ブロック化回路 13 からの出力が加算信号としても供給され、したがって、当該加算器 15 ではフィルタリングされたブロックデータとフィルタリングされていないブロックデータとの差分が求められることになる。

【0077】この加算器 15 の出力は、クラスコード発生回路 16 に送られる。当該クラスコード発生回路 16 でも上記加算器 15 の出力ブロックの 2 次元的なレベル分布のパターンを参照してクラスを求め、そのクラスコードを発生する。

【0078】このクラスコードは、アドレスデータとして ROM テーブル 17 に送られる。当該 ROM テーブル 17 には、劣化の無い画素データと当該劣化の無い画素データを劣化フィルタでフィルタリングしたデータとの差分のデータで学習を行った学習値が格納されており、したがって、上記クラスコード（アドレス）に対応して学習値が出力されるようになる。

【0079】この ROM テーブル 17 から出力された学習値は、上記フィルタ 14 の出力が加算信号として供給されている加算器 18 に、同じく加算信号として送られる。これにより、当該加算器 18 からは、劣化無しの画素データが出力され、これが出力端子 19 から出力される。したがって、この第 3 の実施例装置では、上記 ROM テーブル 17 と、フィルタ 14 の出力が供給される加算器 18 とで無劣化画像出力手段が構成されている。

【0080】なお、第 3 の実施例の画像復元装置では、前記差分に対してクラス分類を施すようにしているが、

例えば入力画像のフィルタ 14 の出力に対してクラス分類を行うことも可能である。

【0081】上述のように、本発明実施例の画像復元においては、画質が劣化した入力画像を走査変換（ブロック化）し、このブロック画像データからクラス生成を行い、クラス（すなわち信号パターン）に応じて予め学習されたテーブルから画像復元に作用するデータ（学習最適化されたデータ）を出力し、そのデータから復元画像を生成することにより、劣化が修復された画像を得ることができ、したがって、劣化の原因が特定できない場合や、逆関数が一様に決定できない場合であっても、劣化した画像の復元が可能となる。

【0082】すなわち、画質が劣化した画像を復元しようとする場合には、通常、劣化原因を解析し、劣化モデル関数を決定し、逆関数を施すことにより復元を行うが、本発明実施例では、劣化の原因が特定できない場合や逆関数が一様に決定できない場合のために、劣化モデル関数の逆関数を用いる代わりに、学習により予め得られた復元テーブルを用いて、劣化した画像の代わりに劣化の無い復元画像を当てはめる（マッピング）することで、画像を復元するようにしている。

【0083】このように、本発明実施例では、劣化のない画像を用いた学習テーブルによるマッピングで画像を復元するため、複雑な劣化関数の決定や、その逆関数を求める必要がない上に、一度テーブルを作成すれば、処理は画像復元のテーブルを読み出すのみであるため、処理が簡単である。また、劣化関数の逆関数が定義できず、従来なら復元できない場合においても学習により復元テーブルを作成することができる。

【0084】したがって、本実施例の画像復元装置によれば、例えばテレビカメラによって撮像された画像に対する画質劣化が修復された画像を得ることができる。

【0085】

【発明の効果】上述したように、本発明においては、画質が劣化した画像をブロック毎にクラス分類したデータと劣化の無い画像のブロックデータとで予め学習した結果を記憶しておき、劣化画像を複数のブロックに分割し、ブロック化されたデータを複数のクラスに分類してその分類に対応するクラスコードを得て、このクラスコードに応じて劣化画像に対応する劣化の無い画像を出力するようにしているため、劣化の原因が特定できない場合や、逆関数が一様に決定できない場合であっても、劣化した画像の復元が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例の画像復元装置の概略構成を示すブロック回路図である。

【図 2】本発明実施例における学習についての第 1 の具体例のフローチャートである。

【図 3】本発明実施例における学習についての第 2 の具体例のフローチャートである。

【図 4】学習信号画像から原信号画像の予測を説明するための図である。

【図 5】第 2 の実施例の画像復元装置の概略構成を示すブロック回路図である。

【図 6】第 3 の実施例の画像復元装置の概略構成を示すブロック回路図である。

* 【符号の説明】

2, 7, 13 ブロック化回路

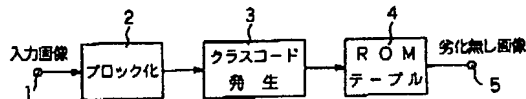
3, 8, 16 クラスコード発生回路

4, 9, 17 ROM テーブル

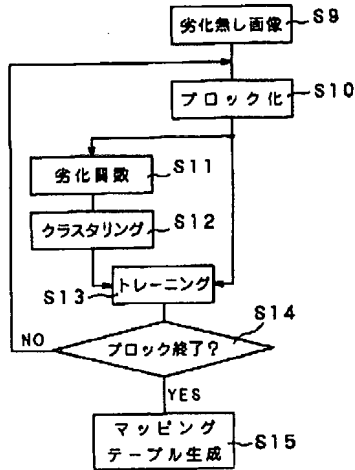
10 ブロック分解回路

* 14 フィルタ

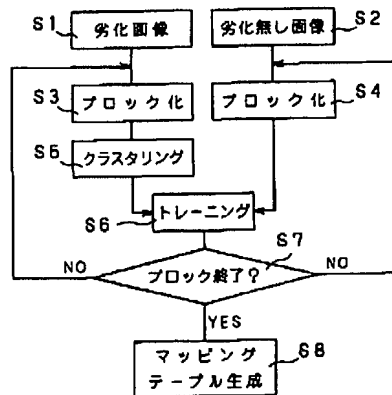
【図 1】



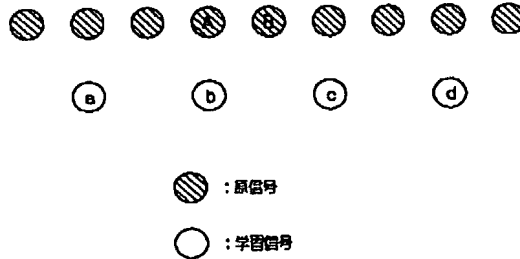
【図 2】



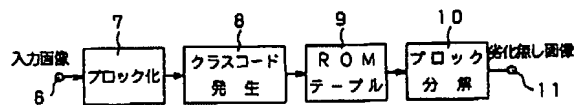
【図 3】



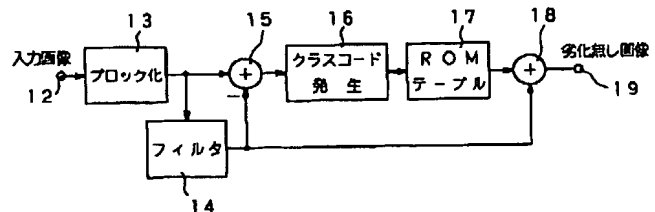
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 西片 丈晴

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内